

I-47 空気式振動計の研究(第2報)

—整流特性に及ぼす諸因子の影響—

萩 原 辰 弥

Studies on a Pneumatic Vibrometer (2nd Report)

Tatsuya HAGIWARA

SYNOPSIS

In this report, the rectifying characteristics of a pneumatic micrometer whose characteristic curve is V-shape, are calculated by formulas deduced in the first report. Influences of parameters, such as total clearance, throttle diameter and amplitude of the clearance, and optimum values of these parameters, are discussed.

Results show that it is convenient to determine the optimum throttle diameter for given values of the total clearance and amplitude. As the nozzle dimension has little effect on the rectifying action, the air source pressure and the throttle diameter should be taken into account especially to control the performance of the device.

1. ま え が き

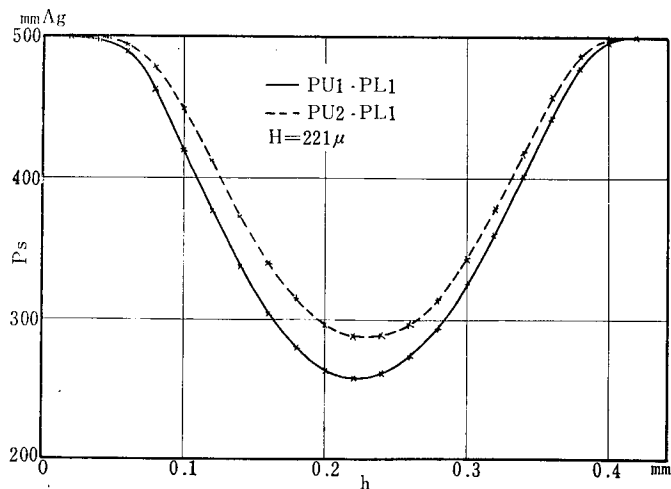
第1報¹⁾において複合ノズルをもった空気マイクロメータの整流特性を求める計算式を導き、実験結果と比較し、この式が実用上広い範囲にわたって適用されることを証明した。そして、複合ノズルを用いると、単独ノズルの場合より整流作用がきわめて向上されること、ノズルの全間隙、内部固定絞りの大きさ、間隙振幅の大きさあるいは空気源圧力によってかなり変換倍率が変化することが明らかにされた。

本報においては固定絞りの直径、ノズルの全間隙および間隙振幅の変換倍率への影響を前報にのべた式によって計算する。またノズル寸法をかえた場合の整流特性を比較する。そして上記の計算結果より、最適条件、最大変換倍率を図示する。

前報で詳しく述べたように複合ノズルの静特性曲線は対称形にはならないので全間隙の丁度半分の振幅を与えることは実際には不可能である。しかし計算にさいしてはこの僅かな差の値を外挿によって求めることにする。

2. ノズル寸法の影響

空気マイクロメータの特性は半径流れ部分の内外径の比によっていちじるしく左右されることはよく知られている。そこで上のノズルの寸法をかえた PU1-PL1とPU2-PL1ノズルを比較する。それらのノズルの寸法は第1表に示すとおりである。



第1図 複合ノズルのV形静特性

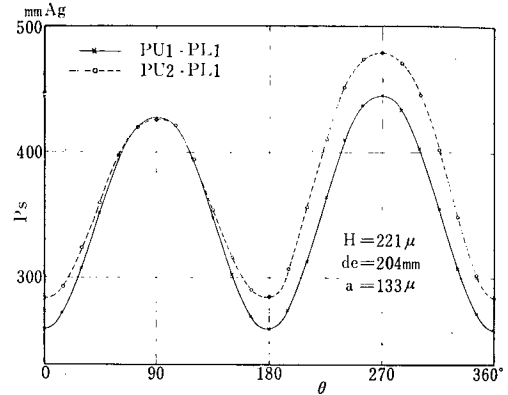
第1表 ノズル寸法表

	PU-1	PU-2	PL-1
垂直部半径 r_0 (mm)	2.06	1.54	3.05
ノズル内半径 r_1 (mm)	3.35	1.84	8.38
ノズル外半径 r_2 (mm)	5.00	5.00	5.50
垂直部長さ l (mm)	3.69	4.65	2.03
ノズル内外径 比	2.12	2.72	1.63

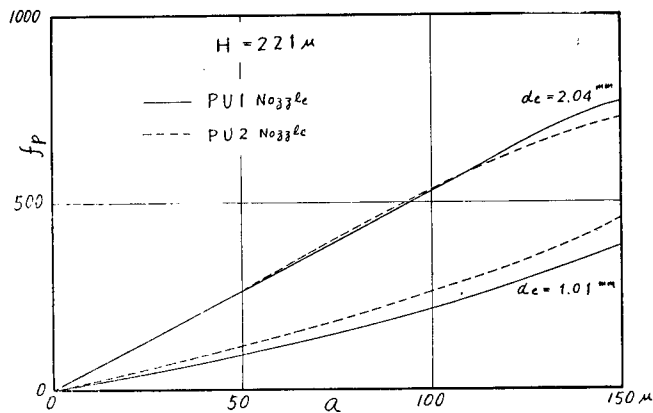
 $(r'd=(3.00\text{ mm}))$

内部固定絞りの相当径 d_e を 2.04 mm, 全間隙 2H を 0.442 mm とし空気源圧力 p_0 を 500 mm Ag とした場合の静特性曲線を第1図に示す。第2図は最低圧力点を中心に間隙を振幅 $a=0.133\text{ mm}$ で静かに変化させた場合の測圧室内の圧力 p_s を示す。このような特性をもったノズルの整流特性の例を第3図に示す。

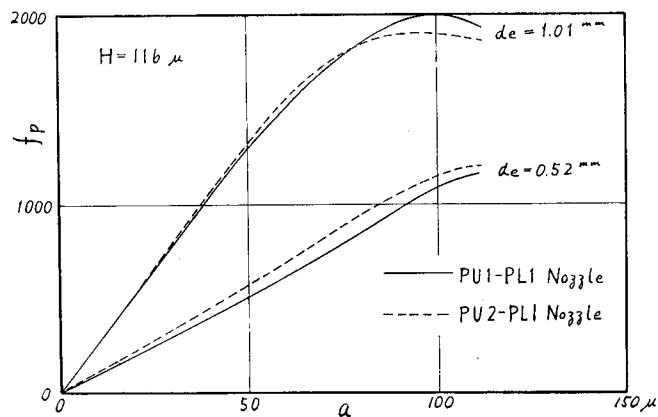
両者の間に若干の差が認められるが静特性に示されるほどの量ではなく、傾向はよく似ている。そこで今後は PU1-PL1 ノズルについてだけ検討することにする。



第2図 指示圧力の静的変化



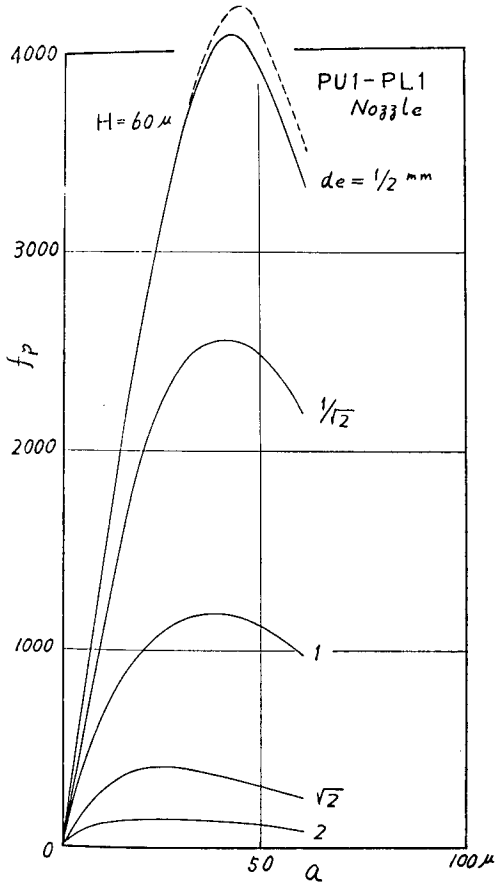
第3図 整流特性の比較(a)



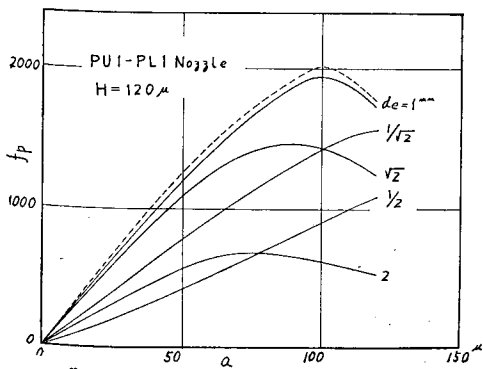
第3図 (b)

3. 振幅の影響

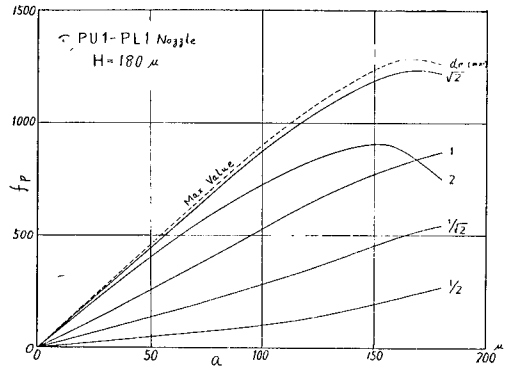
第4図は H と d_e とを一定としたときの f_p - a 線図である。 H が小さい場合は明らかに f_p の最大値が存在する。 f_p の最大値は d_e が小さいほど大きくなり、これに対応する a の値も僅かずつ大きくなる。このことはV形静特性曲線の形を考えれば容易に推定され



第4図 振幅の影響 (a)

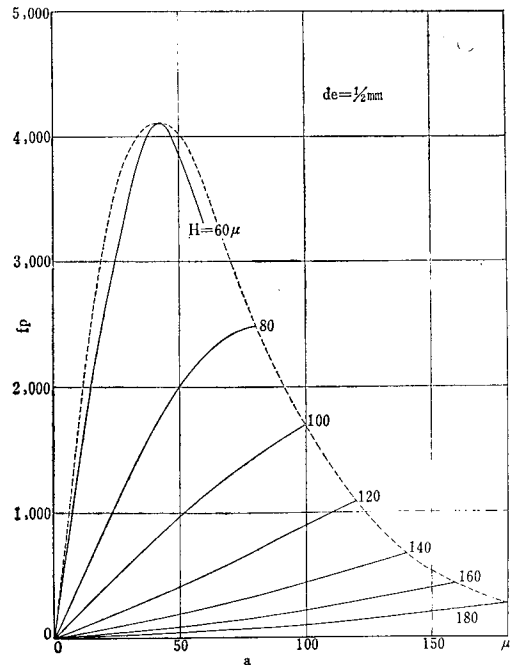


第4図 (b)

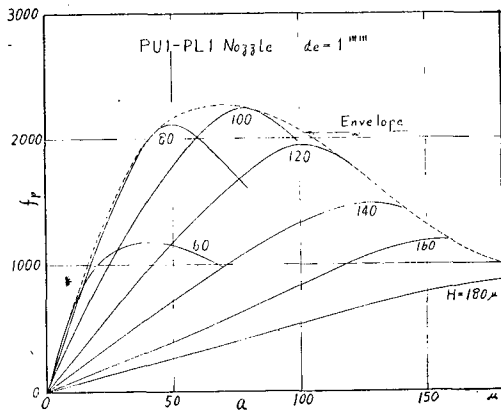


第4図 (c)

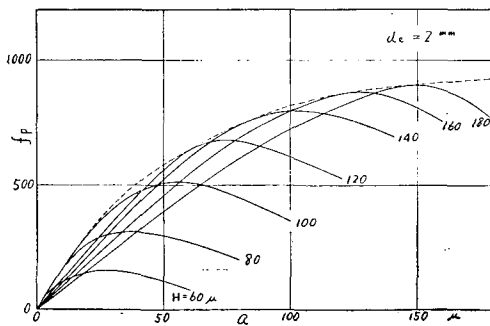
る。しかし d_e を極端に小さくすると、後のグラフでわかるように f_p の値は小さくなる。図中破線は d_e を変化させたときの曲線群の包絡線であって、 f_p の可能な値の限界を示す（他のグラフの破線もすべて同じ）。 H が大きくなると振幅による f_p の変化の状態は緩やかになり、 d_e の値によっては最大が存在しなくなる。 H が大きくなると d_e も大きくした方が f_p が大きくなる。逆に d_e が小さいときは H が小さい方が整流作用が向上する。 $d_e=1/2$ mm のときは $H=0.06$ mm 以外は最大が存在しない、すなわち間隙一杯の振動のとき f_p が最も大きい、 $d_e=2$ mm にもなると $H=0.18$ mm にしても最大がある（第5図参照）。



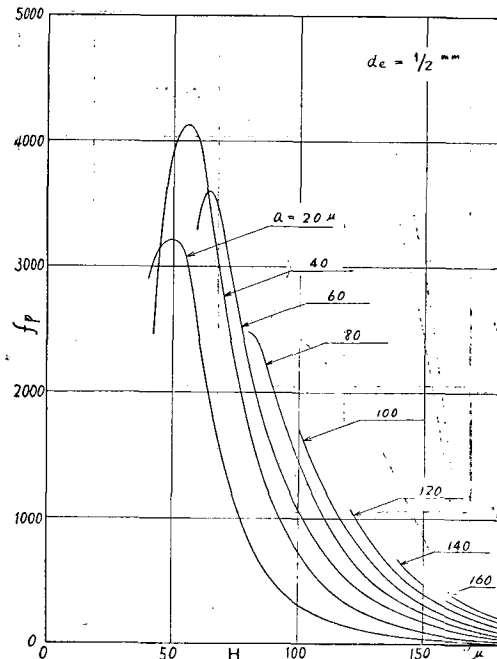
第5図 振幅の影響 (a)



第 5 図 (b)



第 5 図 (c)

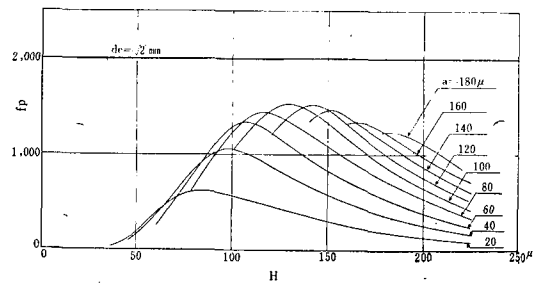


第6図 間隙の影響 (a)

このように間隙振幅 a に対して最適の H と d_e の組合せがあることがわかる。

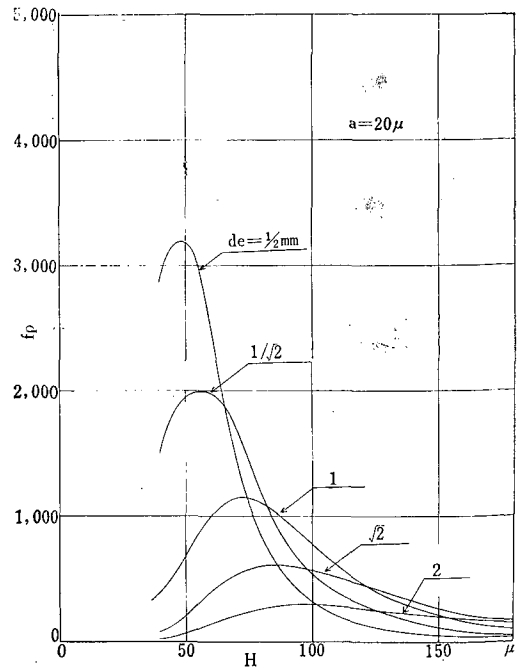
4. 間隙の影響

第6図は d_e を一定としたとき、 f_p - H の関係が a によってどのように変化するかを示す。 d_e が小さい間は、 a の小さい値を除いて大多数の特性は左下がりの曲線で表わさるが d_e が大きくなるにつれてほとんどが最大を示す曲線となる。同時に曲線の傾斜が緩くなる。

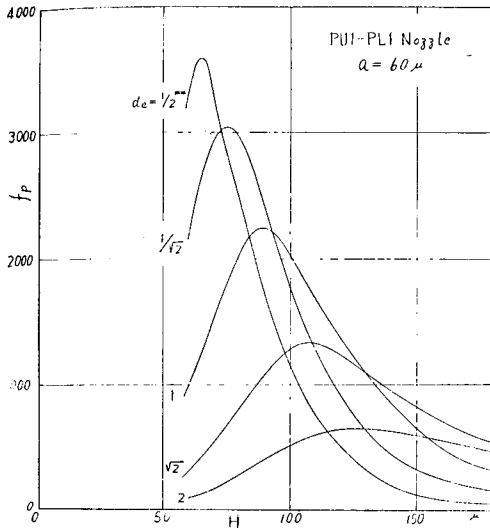


第 6 図 (b)

振幅を一定にした場合の H の影響を第7図に示す。



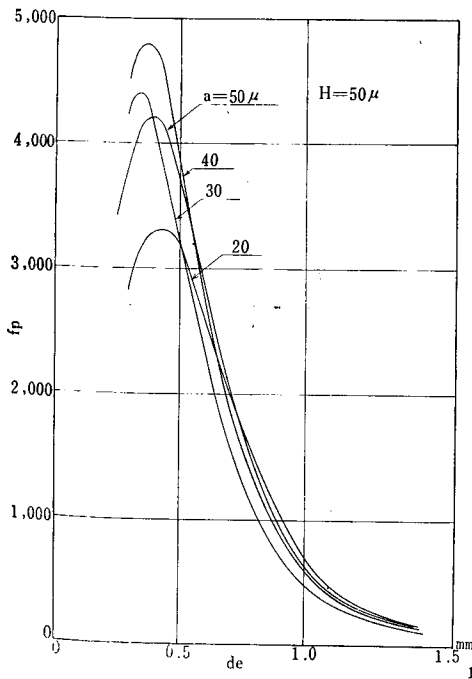
第7図 間隙の影響 (a)



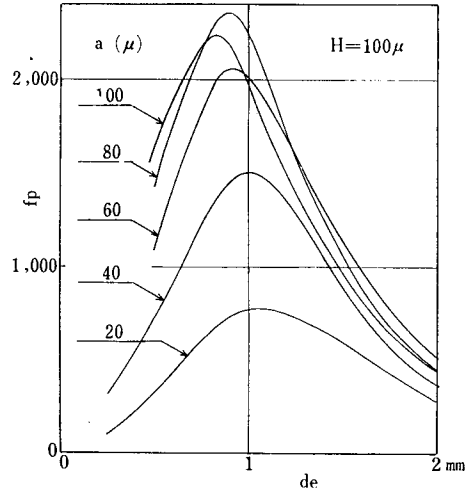
第7図(b)

5. 固定絞り径の影響

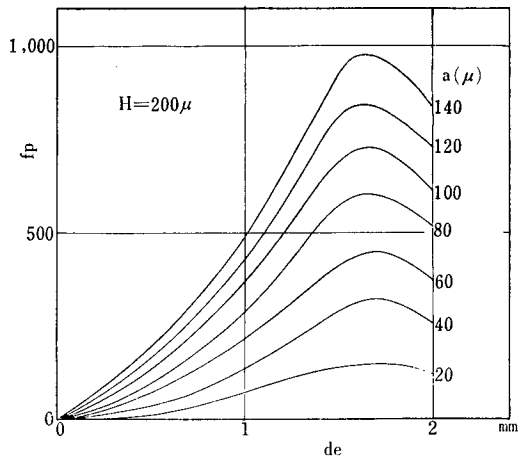
第8図に内部絞りの相当径 d_e の影響を示す。 H を一定としたとき、振幅 a をかえても曲線が離れずまわっているということは広い振幅範囲にわたってほぼ同じ倍率で変換が行なわれることを意味する。それで図から H が小さい間は適当な d_e を決定しやすいが、



第8図 内部固定絞り(a)



第8図(b)



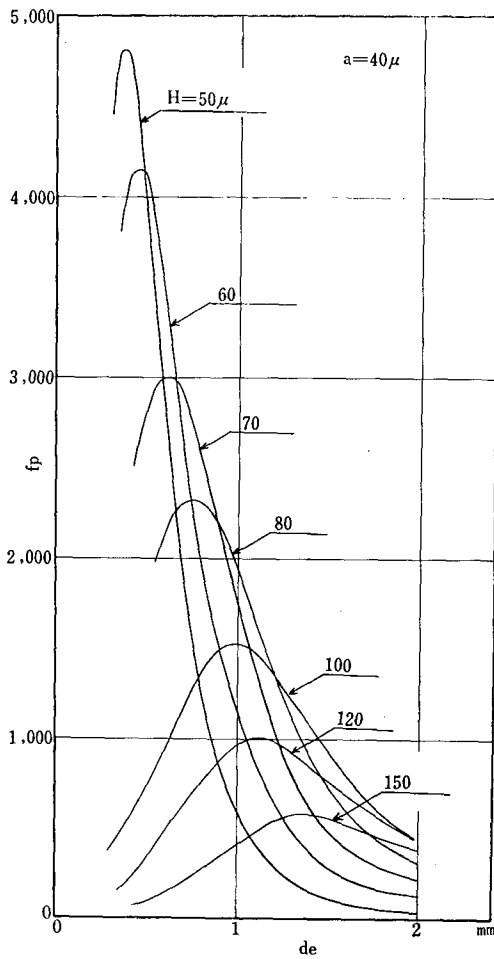
第8図(c)

H が大きくなると d_e を選ぶに a の値を予想せねばならないことがわかる。しかし H がきまればおのの a の値に対し f_p を最大にする d_e の間がほぼ同じ値になることは都合がよい。前述のように振幅 a を一定にすると、 $f_{p\max}$ を示す H と d_e の組合せが選ぶことは第9図で明らかである。

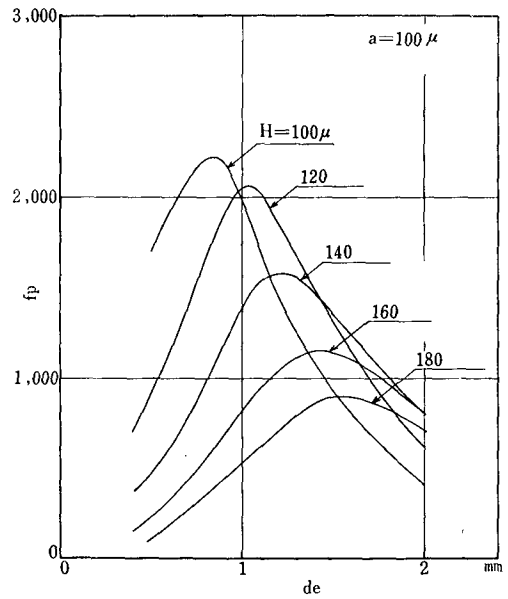
d_e は装置の作成上、容易であるばかりか、整流特性を大巾に制御しうる。

6. 最適条件

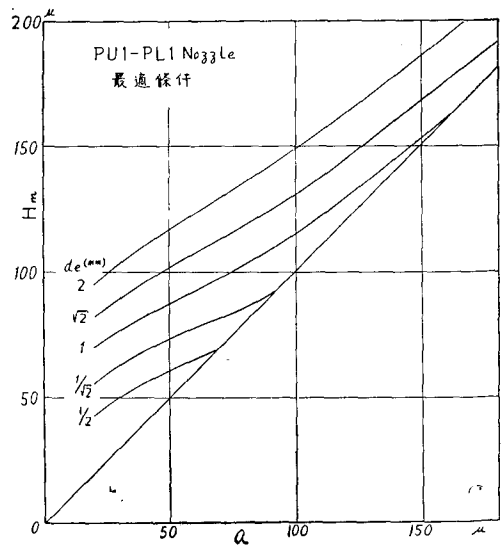
上述の説明によって H , d_e および a の組合せによって整流作用が極端に影響されることおよびこれら3者のうち2者を定めれば、整流作用が最大になるように残りの一つの値を選ぶことが明らかである。最



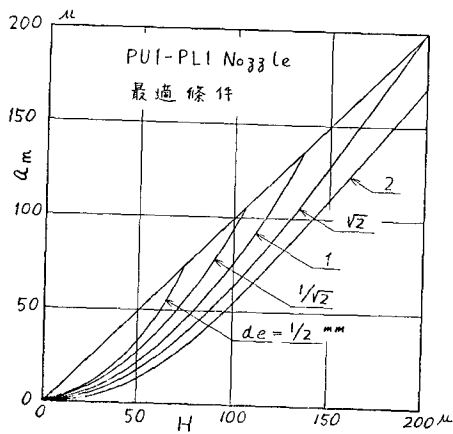
第 9 図 (a)



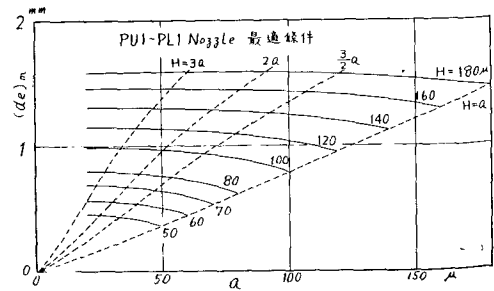
第 9 図 (b)



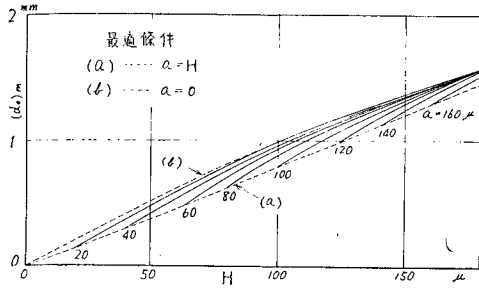
第 10 図 内部固定絞りの影響 (b)



第 10 図 最適条件 (a)



第 10 図 (c)



第10図(d)

適条件をあらわす値をそれぞれの記号に脚符 m をつけてあらわすと第10図のようになる。

d_e が一定のときは a_m は H と共に増加する。また H_m は a と共に増加するが、両者の組合わせは一般には同じでなくいずれが先に定められるかによって異なる(第10(a)(b)図)。第10(c)図において曲線が水平であれば与えられた H に対して、すべての振幅が、 d_e のある決められた値に対して、最大の整流作用を行なうことになるので装置の設計上きわめて重要である。実際には完全な水平線をあらわしていないが H が大きい場合、振幅の小さい範囲に対してはこの条件がほぼ満足される。しかし H が大きく、 a の小さい場合は $f_{p \max}$ の値が小さくなることを忘れてはならない。 $H=a$ の場合の d_e の最適値は $(d_e)_m \doteq 8a$ である。第10(d)図はパラメータを置きかえたものでこの曲線群の占める幅が狭いほど好都合であるといえる。

以上の考察から、変換すべき振幅範囲をまず定め、 f_p の値を見込んで H をきめついで d_e を最適の値に近く決めるのが装置の設計をすすめるに最も有利な方法であると考えられる。

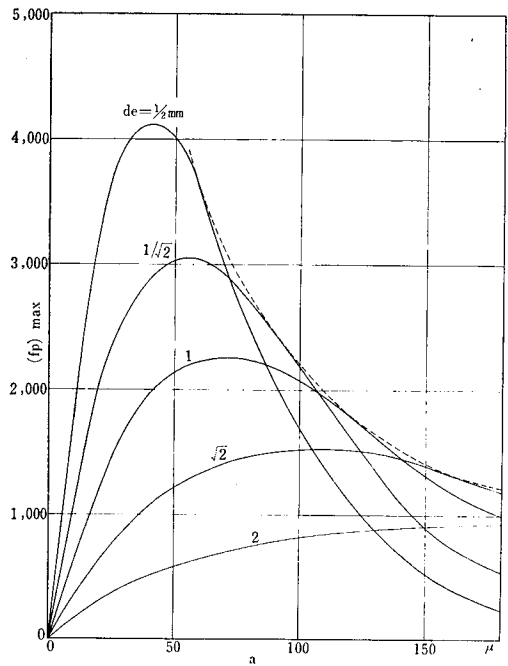
7. 最大変換倍率 $f_{p \max}$

第11(a)図は d_e を定めた場合の各振幅に対する $f_{p \max}$ を示す。もちろん間隙は前図に示した H_m の値を用いねばならない。破線は各振幅に対して H と d_e を最適にした場合の変換倍率の極限を示す。図では a が小さいほど倍率の極限が大きくなっているが、 a がきわめて小さいときは倍率が当然低下するので、考慮したノズルに対してこの極限の最大となるべき振幅の値が存在することが推定される。

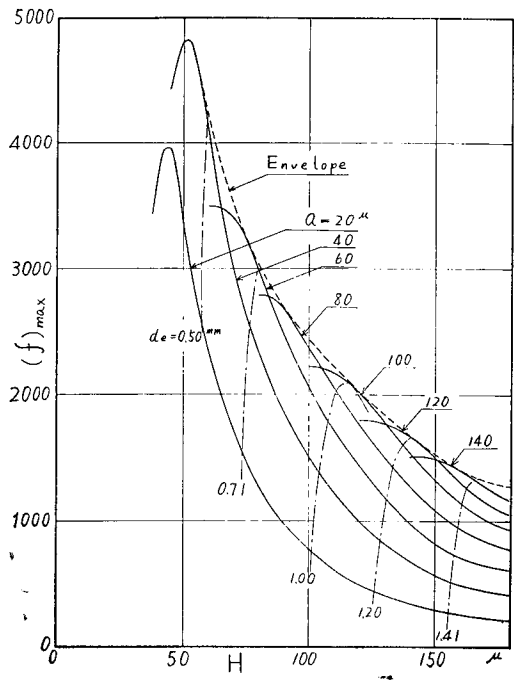
第11(b)図は振幅を定めた場合である。鎖線に附された数字はそのときの最適絞り径 $(d_e)_m$ を mm であらわした値である。 H を定めた場合を第11(c)図に示す。破線はそれぞれ $H=a$, $3a/2$, $2a$, および $3a$ にしたときの $f_{p \max}$ を示す。また曲線交点で括弧内に示された数字は最適絞り径 $(d_e)_m$ を mm であらわし

た値である。

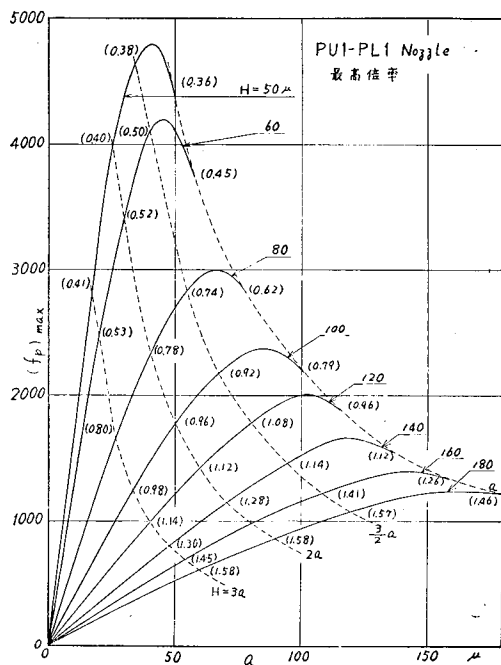
つぎに $(f_p)_{\max}$ の等高線を第12図に示す。 d_e を適当にえらぶことによって、閉曲線内で示される H と



第11図 最大変換倍率(a)



第11図(b)

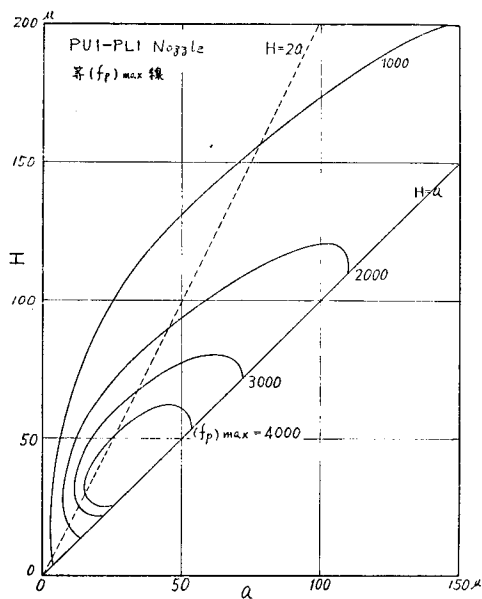


第 11 図 (c)

a との組合せはその閉曲線に附記された値以上の倍率で変換が行なわれる。45° の直線は $H=a$ をあらわす。すなわち振動が間隙一杯に行なわれる場合を示している。閉曲線がこの直線より上方に張り出していることは振動が間隙の一部で行なわれ、空間的余裕の大きいことを示す。 f_p が 1000 倍で事足りる場合にはきわめて広い振幅範囲にわたって変換可能であることがわかる。

8. あとがき

第 1 報で導いた計算式により変換倍率 f_p に対する間隙 H 、絞り径 d_e 及び振幅 a の影響を検討した。 f_p を最大にするためには、上記 3 要素のうち 2 つを定めた場合第 3 の要素を適当に選べばよいことがわかった。このさい d_e を適宜選んで f_p を制御するのが都



第 12 図 等 倍 率 線

合がよいことも明らかにされた。 d_e をどのように選んでも与えられた振幅に対する f_p の値はある極限が存在する。しかし f_p が 1000 倍で十分なときはほとんどの振幅が変換できることが明らかにされた。

上記の計算は PU1-PL1 ノズルを用い空気源圧力 p_0 を 500 mm Aq として求めた結果である。ノズル寸法を少々かえてもこの傾向は大して変化しないので、整流特性を大幅に変化させるには p_0 を高くするのが得策である。

本報で求められた計算結果から、与えられた条件に対する変換装置の設計を行なうことが可能になった。

(昭和 40 年 1 月 11 日 受理)

引 用 文 献

- 1) 筆者：空気式振動計の研究（第 1 報）
本報告 p 39